

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-297373

(43)Date of publication of application : 24.10.2000

(51)Int.Cl.

G23C 16/27  
F01L 1/20  
F16H 53/06

(21)Application number : 11-102205

(71)Applicant : MIYAKE SHOJIRO  
NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 09.04.1999

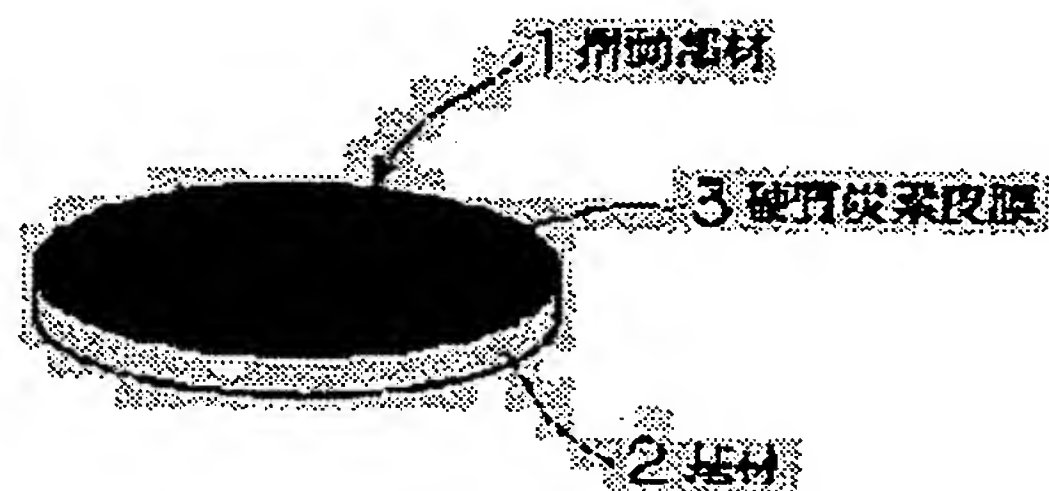
(72)Inventor : MIYAKE SHOJIRO  
YASUDA YOSHITERU  
KANO MAKOTO  
MABUCHI YUTAKA

## (54) SLIDING MEMBER AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a sliding member having a low friction coefficient and excellent in wear resistance by making it into the one whose solid lubricity effectively functions even in lubricating oil.

**SOLUTION:** As to a hard carbon film sliding member 1 the surface of a base material 2 is coated with a hard carbon film 3 by vapor phase synthesis, which is thereafter subjected to plasma treatment or ion implantation, by which the surface of the hard carbon film 3 is incorporated with nitrogen and/or oxygen and/or is provided with the hard carbon film 3 in which the content of hydrogen in the surface is controlled to  $\leq 10$  at%.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-297373

(P 2 0 0 0 - 2 9 7 3 7 3 A)

(43) 公開日 平成12年10月24日 (2000.10.24)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
C23C 16/27		C23C 16/27	3G016
F01L 1/20		F01L 1/20	A 3J030
F16H 53/06		F16H 53/06	4K030

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全8頁)

(21) 出願番号	特願平11-102205	(71) 出願人	593178650 三宅 正二郎 東京都羽村市五ノ神3-1-38
(22) 出願日	平成11年4月9日 (1999.4.9)	(71) 出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
		(72) 発明者	三宅 正二郎 東京都羽村市五ノ神3-1-38
		(72) 発明者	保田 芳輝 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 自動車株式会社内
		(74) 代理人	100077610 弁理士 小塩 豊

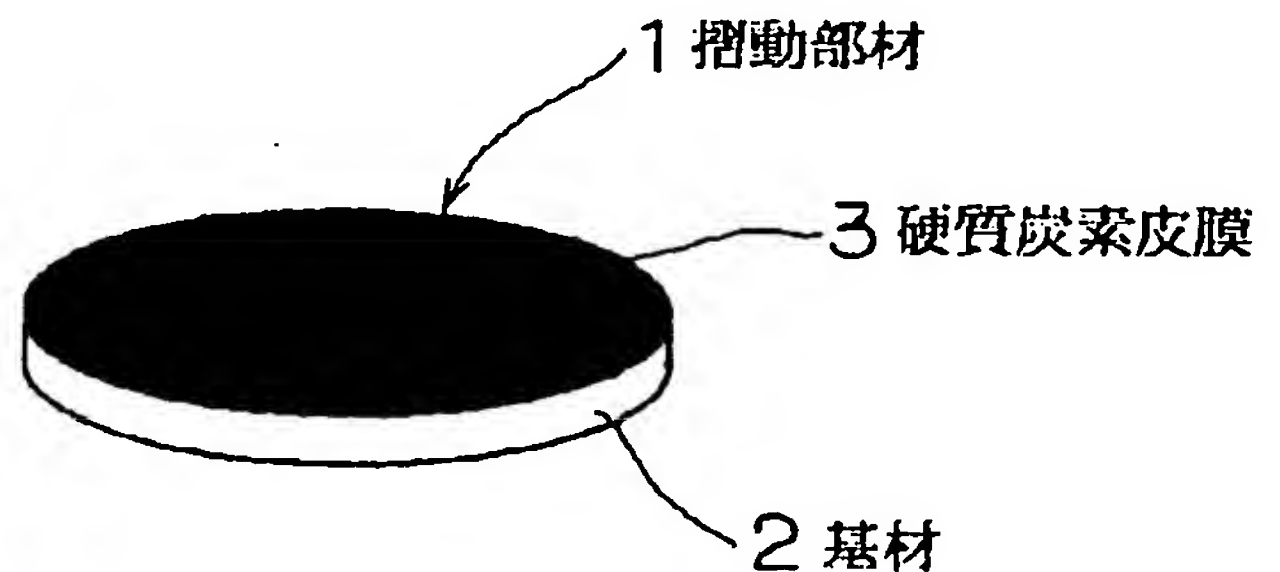
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動部材およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 潤滑油中であっても固体潤滑性が有効に機能するものとなすことにより低摩擦係数で耐摩耗性に優れた摺動部材を提供する。

【解決手段】 基材2の表面に硬質炭素皮膜3を気相合成によりコーティングした後、プラズマ処理ないしはイオン注入することにより、硬質炭素皮膜3の表面に窒素および／または酸素を含有させ、および／または、表面の水素含有量が10at%以下の硬質炭素皮膜3をそなえたものとした硬質炭素皮膜摺動部材1。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 潤滑油中で使用される摺動部材において、少なくとも表面層が硬質炭素皮膜からなり、硬質炭素皮膜表面に窒素および／または酸素を含有させたことを特徴とする硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 2】 潤滑油中で使用される摺動部材において、少なくとも表面層が硬質炭素皮膜からなり、表面の水素含有量が 1 0 a t % 以下の硬質炭素皮膜からなることを特徴とする硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 3】 硬質炭素皮膜が気相合成ダイヤモンドであることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 4】 硬質炭素皮膜表面の窒素および／または酸素含有量が 0 . 5 a t % 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 5】 硬質炭素皮膜表面の窒素および／または酸素含有量が 3 0 a t % 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 6】 硬質炭素皮膜表面の窒素および／または酸素含有量が 4 a t % 以上 2 0 a t % 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 7】 表面粗さが R a 0 . 1 μ m 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 8】 表面硬さが H v 1 0 0 0 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 9】 硬質炭素皮膜の厚さが 1 μ m 以上 1 0 μ m 以下であり、かつ、潤滑油中での摩擦係数が 0 . 0 7 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 1 0】 内燃機関の動弁機構のアジャスティングシムを構成することを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材。

【請求項 1 1】 請求項 1 ないし 1 0 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材を製造するに際し、基材表面に硬質炭素皮膜を気相合成によりコーティングした後、プラズマ処理ないしはイオン注入することを特徴とする硬質炭素皮膜摺動部材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、低摩擦な硬質炭素皮膜摺動部材、特に、エンジンオイル、トラスミッションオイル等の潤滑油中で使用されるのに適した低摩擦な硬質炭素皮膜摺動部材およびその製造方法に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 硬質炭素皮膜は、アモルファス状の炭素膜あるいは水素化炭素膜で、 a - C : H (アモルファスカーボンまたは水素化アモルファスカーボン) , i - C (アイカーボン) , D L C (ダイヤモンドライクカーボンまたはディーエルシー) とも呼ばれている。

【 0 0 0 3 】 その形成には、炭化水素ガスをプラズマ分解して成膜するプラズマ C V D 法、または、炭素、炭化水素イオンを用いるイオンビーム蒸着法等の気相合成法が用いられる。この硬質炭素皮膜は、高硬度で、表面が平滑で、耐摩耗性に優れ、さらには、その固体潤滑性から低摩擦係数で優れた低摩擦性能を有している。そして、通常の平滑な鋼材表面の無潤滑下での摩擦係数が 0 . 5 ~ 1 . 0 であるのに対して、硬質炭素皮膜は無潤滑下での摩擦係数が 0 . 1 程度である。

【 0 0 0 4 】 現在、これらの優れた特性を活かして、ドリルの刃をはじめとする切削工具、研削工具等の加工治具や、塑性加工用金型、バルブコックやキャブスタンローラのような無潤滑下での摺動部品等への応用が計られている。

【 0 0 0 5 】 また、潤滑油中で摺動する内燃機関などの機械部品においても、エネルギー消費や環境問題の面からできるだけ機械的損失を低減したいという要求が高まっており、特に、摩擦損失の大きい摺動条件の厳しい部位で、これらの固体潤滑性を有する硬質炭素皮膜による低摩擦化が望まれている。

## 【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記の硬質炭素皮膜を摺動部材にコーティングして、エンジン油やトラスミッション油等の潤滑油中で摺動させた場合、その平滑性からある程度の低摩擦とはなるが、他の固体潤滑性を有していない硬質の皮膜処理をした摺動部材、たとえば、窒化チタン ( T i N ) や窒化クロム ( C r N ) のイオンプレーティング皮膜処理を施した摺動部材と同等の低摩擦性能しか示さないという問題点が明らかになった。

【 0 0 0 7 】 すなわち、従来の硬質炭素皮膜処理された摺動部材では、固体潤滑性があるにもかかわらず、潤滑油中では同等の表面粗さで且つ固体潤滑性を有しない皮膜処理摺動部材や超仕上げ加工された鋼製部材と同等の摩擦性能しか示さないという問題が明らかになった。

【 0 0 0 8 】 たとえば、潤滑油中で 3 / 8 インチボール 3 ケを 1 k g f の荷重で押し付け、 0 . 0 3 m / s e c の相対速度で滑らせた場合、硬質炭素皮膜であるダイヤモンドライクカーボンの摩擦係数は 0 . 0 8 ~ 0 . 1 2 であって、同等の表面粗さで且つ皮膜処理をしない鉄鋼材や窒化クロム ( C r N ) イオンプレーティング処理膜と比べ、潤滑油中では同等の摩擦係数である。

【 0 0 0 9 】 また、エンジン油やトランスミッション油等の潤滑油中で、摩擦係数  $\mu = 0 . 0 7$  以下の低摩擦を実現するように固体潤滑性を有する二硫化モリブデン



( $\text{MoS}_2$ ) やポリ四フッ化エチレン (PTFE) を表面に処理した摺動部品もすでに適用が多くなされているが、さらに高面圧下で厳しい摺動条件で使用される場合は、耐摩耗性が不足し、初期においてその性能は達成できるが、長期間使用すると摩滅してしまいその性能は維持できないという問題点があった。

【0010】

【発明の目的】本発明は、これらの問題点に着目してなされたものであって、表面に窒素および／または酸素を含有させた硬質炭素皮膜を処理した摺動部材、あるいは、水素含有量が 10 at % 以下の硬質炭素皮膜を処理した摺動部材とすることで、潤滑油中であってもその固体潤滑性が有効に働き、摩擦係数で  $\mu = 0.07$  以下の低摩擦で耐摩耗性に優れた摺動部材を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】潤滑油中での硬質炭素皮膜の摩擦特性については報告がほとんど無く、不明な点が多かった訳であるが、本発明では、硬質炭素皮膜に含まれる窒素、酸素、水素濃度の潤滑油中での摩擦特性に及ぼす影響について鋭意検討してこれを明らかにし、滑油中で低摩擦が実現できる硬質炭素皮膜の窒素、酸素および水素の濃度の規定することにより、潤滑油中での摩擦係数値  $\mu$  が 0.07 以下の低摩擦性能を実現することに成功した。

【0012】すなわち、本発明に係わる摺動部材は、請求項 1 に記載しているように、潤滑油中で使用される摺動部材において、少なくとも表面層が硬質炭素皮膜からなり、硬質炭素皮膜表面に窒素および／または酸素を含有させたものとしたことを特徴としている。

【0013】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材は、請求項 2 に記載しているように、潤滑油中で使用される摺動部材において、少なくとも表面層が硬質炭素皮膜からなり、表面の水素含有量が 10 at % 以下の硬質炭素皮膜からなるものとしたことを特徴としている。

【0014】そして、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 3 に記載しているように、硬質炭素皮膜が気相合成ダイヤモンドであるものとしたことを特徴としている。

【0015】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 4 に記載しているように、硬質炭素皮膜表面の窒素および／または酸素含有量が 0.5 at % 以上であるものとしたことを特徴としている。

【0016】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 5 に記載しているように、硬質炭素皮膜表面の窒素および／または酸素含有量が 30 at % 以下であるものとしたことを特徴としている。

【0017】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 6 に記載しているように、硬質炭素皮膜表面の窒素および／または酸素含有量が 4 at % 以上 20 at % 以下であるものとしたことを特徴としている。

【0018】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 7 に記載しているように、表面粗さが  $Ra 0.1 \mu\text{m}$  以下であるものとしたことを特徴としている。

【0019】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 8 に記載しているように、表面硬さが  $Hv 1000$  以上であるものとしたことを特徴としている。

【0020】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 9 に記載しているように、硬質炭素皮膜の厚さが  $1 \mu\text{m}$  以上  $10 \mu\text{m}$  以下であり、かつ、潤滑油中での摩擦係数が 0.07 以下であるものとしたことを特徴としている。

【0021】同じく、本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の実施の形態においては、請求項 10 に記載しているように、内燃機関の動弁機構のアジャスティングシムを構成するものとしたことを特徴としている。

【0022】本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の製造方法は、請求項 11 に記載しているように、請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材を製造するに際し、基材表面に硬質炭素皮膜を気相合成によりコーティングした後、プラズマ処理ないしはイオン注入するようにしたことを特徴としている。

【0023】

【発明の作用】本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材は、上記の構成としているので、表面に極性基を多く存在させることができるため、潤滑油に含まれる油性添加剤が表面に物理吸着ないしは化学吸着しやすくなり、潤滑油中で  $\mu = 0.07$  以下の低摩擦な硬質炭素皮膜摺動部材が得られることとなる。

【0024】そして、表面の窒素および／または酸素濃度が 0.5 at % よりも少ないと上記した潤滑油中での低摩擦が実現されがたい傾向となり、反対に、30 at % よりも多くなると、高面圧下での耐摩耗性が不足する傾向となるため、30 at % を上限とするのが好ましい。そしてさらに好ましくは 4 at % ~ 20 at % とするのが耐摩耗性および平滑性を損なうことなく潤滑油中の低摩擦特性を得ることができるようにするために好適である。

【0025】窒素および／または酸素を表面に含有させるプラズマ処理は、図 2 に示すような装置を用いて実施することができる。

【0026】すなわち、図 2 に示すプラズマ処理装置 21 は、真空槽 22 をそなえ、この真空槽 22 の内部下方には摺動部材を構成する基材 23 を保持するための基材

ホルダ24をそなえ、この基材ホルダ24はバイアス電源25に接続してある。また、基材23の上方にはRF電極26が設けてあり、このRF電極26にはRF電源27が接続してあると共に、ガスボンベ28内のプラズマ形成ガスをガス流量調整器29を通して供給することができるようにしてある。そして、RF電極26間には放電プラズマ30が形成されていると共に、アパーチャ31の部分でイオン32が形成されてラジカルイオンビーム33が基材23に到達するようにしてあり、真空槽22は矢印A方向に真空ポンプを介して真空排気可能であるものとしている。そして、このようなプラズマ処理装置21を用い、例えば、RF投入電力:10~100W、ガス流量:5~50cc/min、バイアス電圧:-250~+250Vの範囲で実施するようになることができる。

【0027】一方、水素濃度については検出が非常に難しいものの、水素含有量10at%以下であるようになることによって、潤滑油中での低摩擦が実現されるようになる。そして、水素含有量10at%以下とするには、少なくとも成膜時に炭化水素ガスプラズマを用いない炭素イオンビーム法等により製作したアモルファスカーボン膜や熱CVD法によりダイヤモンド多結晶膜をコーティングした硬質炭素皮膜摺動部材であるものとするのが好ましい。

【0028】表面粗さは、低摩擦特性と相手攻撃性を考慮して、Ra0.1μm以下とすることが好ましく、表面硬さは耐摩耗性が確保できるHv1000以上とすることが好ましい。さらにまた、膜厚については、1μmよりも薄いと密着強度が不足し、10μmよりも厚いと膜内の残留応力が大きくなり、自然に剥離してしまう可能性があるため、膜厚は1μm以上10μm以下とするのが望ましい。

【0029】このような硬質炭素皮膜摺動部材は、例えば、内燃機関の動弁機構のアジャスティングシムを構成するものとする必要に応じて好ましい。

【0030】

【発明の効果】本発明に係わる摺動部材によれば、請求項1に記載しているように、潤滑油中で使用される摺動部材において、少なくとも表面層が硬質炭素皮膜からなり、硬質炭素皮膜表面に窒素および/または酸素を含有させたものとしたから、潤滑油中であってもその固体潤滑性を有効に機能させることが可能であるので、潤滑性および耐摩耗性に優れた超寿命の硬質炭素皮膜摺動部材を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0031】また、請求項2に記載しているように、潤滑油中で使用される摺動部材において、少なくとも表面層が硬質炭素皮膜からなり、表面の水素含有量が10at%以下の硬質炭素皮膜からなるものとしたから、潤滑油中であってもその固体潤滑性を有効に機能させること

が可能であるので、耐摩耗性に優れた超寿命の硬質炭素皮膜摺動部材を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0032】そして、請求項3に記載しているように、硬質炭素皮膜が気相合成ダイヤモンドであるものとすることによって、高硬度で表面が平滑であって耐摩耗性に優れた硬質炭素皮膜摺動部材を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0033】また、請求項4に記載しているように、硬質炭素皮膜表面の窒素および/または酸素含有量が0.5at%以上であるものとするによって、潤滑油中での低摩擦がより安定して得られるものになるという著大なる効果がもたらされる。

【0034】さらにまた、請求項5に記載しているように、硬質炭素皮膜表面の窒素および/または酸素含有量が30at%以下であるものとするによって、高面圧下での耐摩耗性をより安定して十分なものにするのが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0035】さらにまた、請求項6に記載しているように、硬質炭素皮膜表面の窒素および/または酸素含有量が4at%以上20at%以下であるものとするによって、潤滑油中での低摩擦がさらに安定して得られると共に高面圧下での耐摩耗性がさらに安定して十分なものとした硬質炭素皮膜摺動部材を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0036】さらにまた、請求項7に記載しているように、表面粗さがRa0.1μm以下であるものとするによって、低摩擦なものにできると共に相手攻撃性を小さなものにできるという著大なる効果がもたらされる。

【0037】さらにまた、請求項8に記載しているように、表面硬さがHv1000以上であるものとするによって、耐摩耗性をも十分に確保したものとするのが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0038】さらにまた、請求項9に記載しているように、硬質炭素皮膜の厚さが1μm以上10μm以下であり、かつ、潤滑油中での摩擦係数が0.07以下であるものとするによって、基材に対する密度強度を良好なものにできると共に膜内の残留応力を小さいものにして剥離のおそれをなくすることができる耐久性の優れた低摩擦摺動部材を提供することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0039】さらにまた、請求項10に記載しているように、内燃機関の動弁機構のアジャスティングシムを構成するものとなすことによって、動弁機構における機械的損失を小さいものにするのが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0040】本発明に係わる硬質炭素皮膜摺動部材の製造方法では、請求項11に記載しているように、請求項1ないし10のいずれかに記載の硬質炭素皮膜摺動部材



を製造するに際し、基材表面に硬質炭素皮膜を気相合成によりコーティングした後、プラズマ処理ないしはイオン注入するようにしたから、潤滑油中であってもその固体潤滑性を有効に機能させることが可能である潤滑性および耐摩耗性に優れた硬質炭素皮膜摺動部材を製造することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0041】

【実施例】以下、本発明の実施例を比較例と共に詳細に説明するが、本発明はこのような実施例のみに限定されないことはいうまでもない。

【0042】図1に示すような摺動部材1において、直径：30mm、厚み：4mmの円板基材2上に硬質炭素皮膜3をコーティングし、この摺動部材1を用いた試験片により摩擦試験を行った。この試験片を構成する摺動部材1は、表1に示すような仕様で円板基材2上に硬質炭素皮膜3を形成したものとした。

【0043】（実施例1）実施例1は、窒化珪素よりなるセラミックス円板基材上に熱CVD法により気相合成ダイヤモンド皮膜を10 $\mu$ mの厚みで析出させ、次いでこのダイヤモンド皮膜表面をダイヤモンド砥石や砥粒で研磨加工して、表面粗さRa0.05 $\mu$ mに仕上げた摺動部材を作製した。

【0044】（実施例2）実施例2は、浸炭用鋼（JIS SCM415）からなる鋼基材の表面をRa0.04 $\mu$ mに超仕上げ加工した後、炭素イオンビームを用いたイオンプレーティング法で硬質炭素皮膜をコーティングし、成膜後仕上げ加工無しのものとして表面粗さRa0.09 $\mu$ mの摺動部材を作製した。

【0045】（実施例3）実施例3は、実施例2の摺動部材の表面をラップ加工して表面粗さRa0.03 $\mu$ mに仕上げたものとした。

【0046】（実施例4）実施例4は、浸炭用鋼（JIS SCM415）からなる鋼基材の表面をRa0.04 $\mu$ mに超仕上げ加工したのち、プラズマCVD装置で炭化水素ガスを用いてダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜を基材上に成膜したあと、さらに図2に示したプラズマ処理装置を用いて表面に酸素を含有させた膜を作製した。このとき、RF投入電力：50W、酸素ガス流量：10cc/min、バイアス電圧：-100Vの条件で酸素プラズマ処理した。これにより得られた硬質炭素皮膜表面の酸素含有量は約3.5at%であった。

【0047】（実施例5）実施例5は、実施例3の硬質炭素皮膜部材に実施例4と同様のプラズマ酸素処理をした摺動部材としたものである。これにより得られた硬質炭素皮膜表面の酸素含有量は約3.5at%であった。

【0048】（実施例6）実施例6は、実施例1のダイヤモンド多結晶膜に窒素プラズマ処理したものとし、プラズマ処理条件は実施例4、5と同様の条件で行った。これにより得られた硬質炭素皮膜表面の酸素含有量は約5.7at%であった。

【0049】（比較例1）比較例1は、浸炭用鋼（JIS SCM415）からなる基材の表面をRa0.24 $\mu$ mに研削加工した後、リン酸マンガン塩処理したものである。

【0050】（比較例2）比較例2は、浸炭用鋼（JIS SCM415）からなる基材の表面をRa0.04 $\mu$ mに超仕上げ加工したものである。

【0051】（比較例3）比較例3は、比較例2の摺動部材に更にイオンプレーティング法により2.0 $\mu$ mの膜厚を有する硬さHv1500の窒化クロム（CrN）皮膜のコーティングを施したものである。

【0052】（比較例4）比較例4は、熱CVD法により窒化珪素基板上にダイヤモンド多結晶膜を成膜したもので、表面粗さがRa0.12 $\mu$ mのものである。

【0053】（比較例5）比較例5は、浸炭用鋼（JIS SCM415）からなる基材の表面をRa0.04 $\mu$ mに超仕上げ加工した後、プラズマCVD装置で炭化水素ガスを用いてダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜を基材上に成膜したものである。

【0054】（比較例6）比較例6は、浸炭用鋼（JIS SCM415）からなる基材の表面をRa0.20 $\mu$ mに研削加工した後、炭素イオンビームを用いてイオンプレーティング法で硬質炭素皮膜コーティングしたものである。そして、この場合の成膜後の皮膜の表面粗さはRa0.25 $\mu$ mのものである。

【0055】（比較例7）比較例7は、比較例6の硬質炭素皮膜部材に実施例4と同様のプラズマ酸素処理をした摺動部材としたものである。これにより得られた硬質炭素皮膜表面の酸素含有量は約4.0at%であった。

【0056】（試験例）摩擦試験を行うにあたり、摩擦試験装置としては図3に示すようなピンオンディスクタイプの摩擦試験機41を用いて摩擦係数を計測した。

【0057】この摩擦試験装置41は、回転軸42に回転自在に支持されたワークテーブル43が配置され、このワークテーブル43に試験片である摺動部材1を設置し、この摺動部材1の上面側に3/8インチの軸受用SUJ2製ボール44を3ヶ配置し、スプリング45によって荷重1.0kgfで押し付けるように構成されたものである。

【0058】そして、ボール44はボールホルダー46に回転できないようにそれぞれ固定されており、回転軸42がモータ47に連結されていて、ボール44に対し相対滑り速度0.01~0.1m/secで回転駆動され、ボール44と試験片摺動部材1との間で発生する摩擦力に応じたトルクをロードセル48で計測し、摩擦係数を算出するものとしている。また、試験片摺動部材1が潤滑油49中に浸漬されるように、油浴槽50が設置され、図示されていない油温コントロールユニットにより油温が80℃となるように設定されている。なお、潤滑油49としては市販のエンジンオイル5W-30SG

を用いて行った。

【0059】そして、表1に示す各実施例および比較例の摺動部材を摩擦試験機41の試験片摺動部材1として配置し、潤滑油49中で摩擦係数を測定した結果を示す。また、参考として、潤滑油を油浴槽に入れない場合、すなわち、無潤滑下での摩擦係数も同様の荷重およ

びすべり速度条件で計測した結果を示す。このときの試験条件は、3ヶのボール44への負荷荷重：1kgf、滑り速度：0.25m/sec(250rpm)で行った。

【0060】

【表1】

区分	基材	皮膜処理	成膜法	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	硬度 (Hv)	
実施例	1	窒化珪素	ダイヤモンド多結晶膜	熱CVD法	10.0	—
	2	浸炭用鋼	硬質炭素膜 (a-C)	イオンプレーティング法	2.0	3500
	3	浸炭用鋼	硬質炭素膜 (a-C)	イオンプレーティング法	2.0	3500
	4	浸炭用鋼	ダイヤモンドライクカーボン膜 (DLC)	プラズマCVD法	1.0	2500
	5	浸炭用鋼	硬質炭素膜 (a-C)	イオンプレーティング法	2.0	3500
	6	窒化珪素	ダイヤモンド多結晶膜	熱CVD法	10.0	—
比較例	1	浸炭用鋼	リン酸マンガン塩処理	化成処理	10.0	—
	2	浸炭用鋼	無し	—	—	720
	3	浸炭用鋼	窒化クロム (CrN)	イオンプレーティング法	2.0	1500
	4	窒化珪素	ダイヤモンド多結晶膜	熱CVD法	10.0	—
	5	浸炭用鋼	ダイヤモンドライクカーボン膜 (DLC)	プラズマCVD法	1.0	2500
	6	浸炭用鋼	硬質炭素膜 (a-C)	イオンプレーティング法	2.0	3500
	7	浸炭用鋼	硬質炭素膜 (a-C)	イオンプレーティング法	2.0	3500

表面粗さ Ra ( $\mu\text{m}$ )	備 考	摩擦係数 $\mu$		区分
		無潤滑	潤滑油中	
0.05	10at%>水素	0.080	0.058	1
0.09	10at%>水素	0.110	0.065	2
0.03	10at%>水素	0.090	0.066	3
0.04	プラズマ酸素処理, 3.5at%酸素, 10at%<水素	0.098	0.056	4
0.04	プラズマ酸素処理, 3.5at%酸素, 10at%>水素	0.095	0.059	5
0.05	プラズマ酸素処理, 5.7at%酸素, 10at%>水素	0.080	0.049	6
1.50		1.080	0.125	1
0.04		0.480	0.096	2
0.07		0.380	0.108	3
0.12	10at%>水素	0.090	0.075	4
0.04	10at%<水素	0.098	0.099	5
0.25	10at%>水素	0.125	0.085	6
0.05	プラズマ酸素処理, 40at%酸素, 10at%>水素	剥離	0.100	7

【0061】表1に示す摩擦係数の計測結果から判るように、硬質炭素皮膜は無潤滑下ではその固体潤滑性により摩擦係数が皮膜の無い比較例2および固体潤滑性の無い皮膜を処理した比較例1や比較例3に比べて低い。

【0062】しかし、潤滑油中では水素を10at%より多く含む比較例5のダイヤモンドライクカーボン膜は、皮膜処理の無い比較例1や比較例2と同等の摩擦係数であり、また、水素の含有量が10at%以下である比較例4のダイヤモンド多結晶膜やアモルファスカーボン膜でも表面粗さがRa0.10 $\mu\text{m}$ 以上となると摩擦係数は0.07以上となり、そのフリクション低減効果は少ない。

【0063】これに対して、水素の含有量が10at%以下、および/または、表面に窒素や酸素を含有し、かつ表面粗さがRaで0.10 $\mu\text{m}$ 以下の実施例1～6では摩擦係数がいずれも0.07以下であり、潤滑油中であっても効果的に摩擦損失が低減できることが判る。

【0064】また、実施例5の炭素硬質皮膜部材を図4

に示すような内燃機関の動弁機構のアジャスティングシムに用いた場合のカム一つ当たりの摩擦損失トルクを計測した。そして、トルク計測は、図示されていないカムシャフト軸に取り付けられたトルク計で計測した。

【0065】図4に示す内燃機関の動弁機構において、カム51をそなえたカムシャフト軸52は図示しないタイミングベルトによって回転駆動される。そして、バルブ53はバルブガイド54に挿通され、バルブ53の軸端の上方に、バルブリフター55が設置されている。そして、シリンダヘッド56とバルブリフター55との間にはバルブスプリング57がリテーナ58とコッタ59によりバルブ53に固定され、バルブ53を閉じる方向に荷重を付加している。また、バルブリフター55の上方にはアジャスティングシム60が嵌合され、カム51とのクリアランスが0.3mm程度になるようにアジャスティングシム60の厚さにより調整され、カムシャフト軸52が駆動することによりカム51が回転し、アジャスティングシム60と摺接してバルブ53を往復運動

させる機構となっている。

【0066】試験条件は、カム軸回転数：300rpm（アイドリング時）、スプリングMax荷重：50kgf、エンジン油温：80℃とし、アジャスティングシム60と摺接する相手カム51の表面粗さは超仕上げ加工を施し、 $Ra0.05\mu m$ に仕上げられているものとした。

【0067】比較のため、上記実施例5のほか、従来使用されている比較例1および比較例2の摺動部材、窒化クロム皮膜処理した比較例3の摺動部材、および、硬質炭素皮膜処理した比較例5の摺動部材を同様にアジャスティングシム60に用いた場合の損失トルクも同条件にて計測した。計測した結果を図5に示す。

【0068】図5に示す結果より判るように、同一の表面粗さにおいても比較例に比べて実施例5のアジャスティングシムは摩擦損失トルクが小さく、摩擦性能に優れていることが認められた。

【図面の簡単な説明】

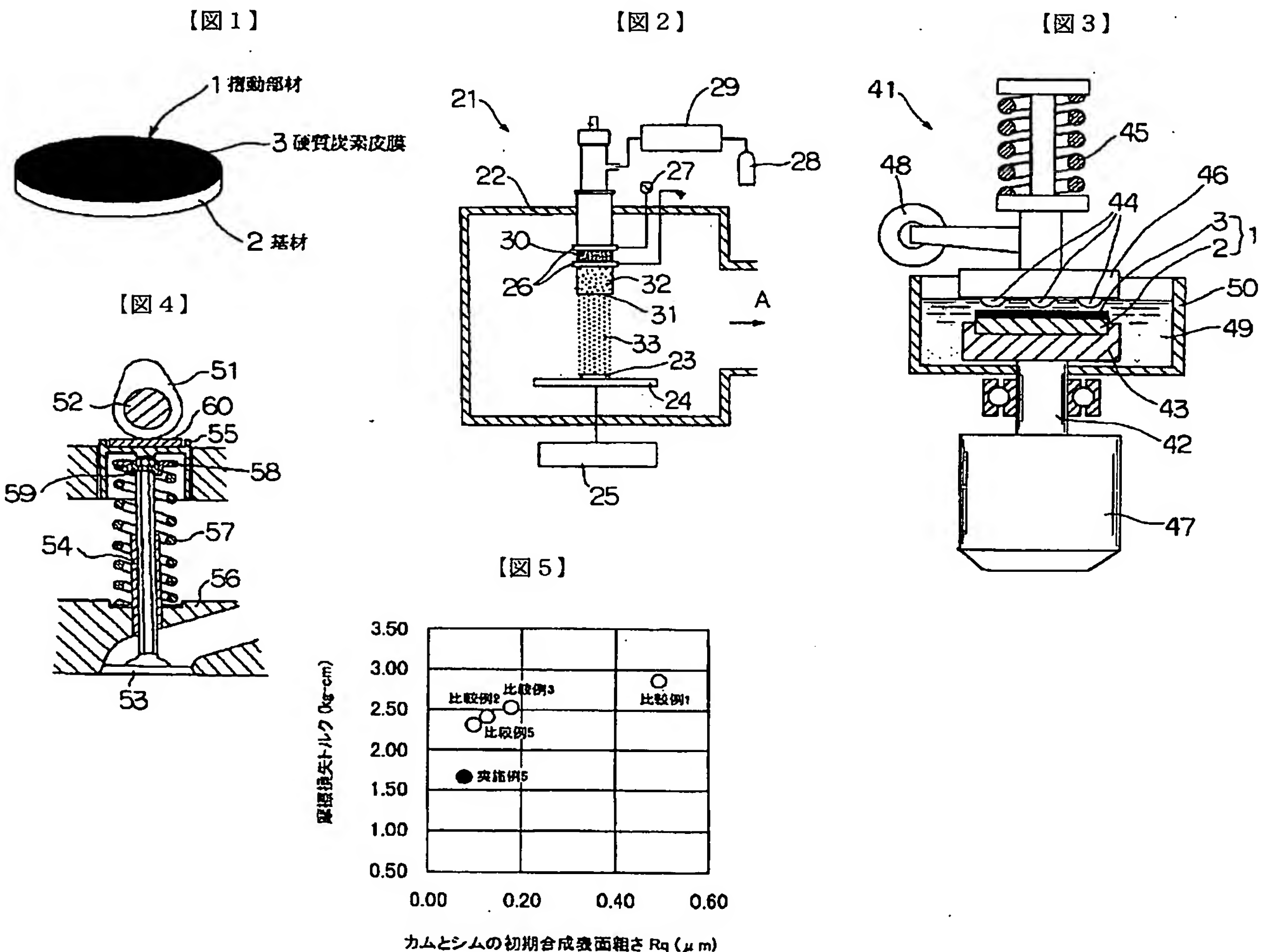
【図1】基材表面に硬質炭素皮膜をそなえた摺動部材の斜面説明図である。

【図2】プラズマ処理装置の断面説明図である。

【図3】潤滑油中で摩擦試験する摩擦試験装置の断面説明図である。

【図4】内燃機関の動弁機構の断面説明図である。

【図5】摩擦損失トルクの計測結果を示すグラフである。



フロントページの続き

(72)発明者 加 納 眞  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(72)発明者 馬 淵 豊  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内



Fターム(参考) 3G016 AA06 AA19 BB05 EA00 EA03  
EA24 FA18 FA21 GA02  
3J030 EA21 EB07 EB09 EC01 EC04  
EC07  
4K030 BA28 CA02 CA05 DA08 FA10  
JA01 LA23